

В.В. Коваленко, доц., канд. техн. наук, В.В. Пукалов, доц., канд. техн. наук, В.З. Хіоні, ст. викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Теоретичні дослідження енергосилових параметрів процесу витягування низьковуглецевих сталей з використанням полімерних мастил

Проведені аналітичні розрахунки енергосилових параметрів процесу витягування низьковуглецевих сталей на кривошипних пресах з використанням полімерних мастил витягування, кривошипний прес, коефіцієнт тертя, полімерне мастило

У теперішній час, однією з найважливіших та найактуальніших задач, які стоять перед вітчизняною наукою є задача зменшення енергомісткості виробництва. Ця проблема набуває ще більшої гостроти на фоні світової кризи, що розвивається.

У рамках наукової роботи, що проводилась, на ЗАТ “Радій” (м. Кіровоград) [1], по впровадженню у виробництво прогресивних технологічних мастил, досліджувались енергосилові параметри операції витягування «корпуса гучномовця» (рис.1) з низьковуглецевої сталі з використанням полімерних мастил на кривошипних пресах.



Рисунок 1 – Корпус гучномовця

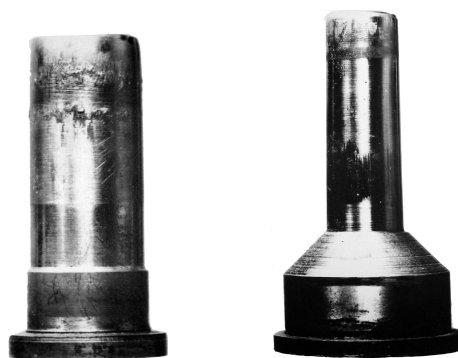


Рисунок 2 – Пуансони, які працювали на операції витягування

Для визначення основних параметрів, які впливають на процес витягування було проведено обстеження десятків пуансонів та матриць (рис.2), які використовувались при виконанні технологічного процесу. Методика дослідження розроблена в [2] дозволяє виявити основні групи факторів, які визначають кількісні та якісні показники процесу. В табл.1 приведені деякі відомості які характеризують технологічний процес.

Таблиця 1 - Характеристика технологічного процесу

Устаткування	Марка сталі інструмента	Марка сталі деталі	Швидкість ковзання інструмента	Технологічне мастило	Поверхнева температура деталі
Кривошипний прес К2130 зусиллям 1Мн	У8А ГОСТ1435-74	Ст.08КП ГОСТ9035-85	0-05 м/с	Полімерне	120-150 ⁰

При операції витягування, пуансон переміщуючись, здійснює тиск на середню частину заготовки, втягує її в матрицю, при цьому периметр заготовки зменшується (рис.3) де R_n, R_M – радіус пуансона та матриці, S – товщина деталі, r_n – радіус перетяжного ребра матриці, r_n – радіус округлення пуансона, P_{max} – сила витягування.

Складність залежностей і одночасний вплив багатьох факторів на процес деформування складає певні труднощі при встановленні впливу окремих енергосилових параметрів на процес витягування.

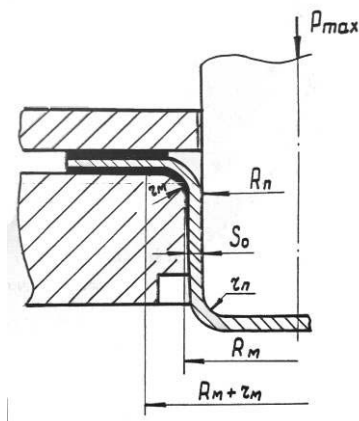


Рисунок 3 – Схема процесу витягування в жорсткому штампі та місця нанесення технологічних мастил

Однак аналіз процесу витягування показує, що контактний тиск при цьому є порівняно невеликий і не впливає суттєво на перехід заготовки в пластичний стан. Тому, при деформації листової заготовки можна рахувати напружений стан плоским, що значно спрощує рівняння рівноваги. При асиметричному деформуванні, яким є операція витягування «корпуса гучномовця» рівняння рівноваги має вигляд [3].

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{r^2} = \rho W_z \quad (1)$$

$$\frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = \rho W_z$$

Рівняння рівноваги завдяки напруженому складу, зведеться до одного рівняння

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial r} - \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0. \quad (2)$$

Враховуючи умови пластичності $\sigma_r - \sigma_\theta = \sigma_s$ знаходимо напруження σ_r у

$$\text{функції радіуса } \sigma_\theta = \sigma_s \cdot \ln \frac{R_H}{r}. \quad (3)$$

А з умови пластичності з урахуванням σ_r знаходимо другу компоненту напруження

$$\sigma_\theta = -\sigma_s \cdot \left(1 - \ln \frac{R_H}{r}\right). \quad (4)$$

Таким чином, напружений стан фланця при витягуванні заготовки визначається двома головними напруженнями σ_θ, σ_r (рис.4).

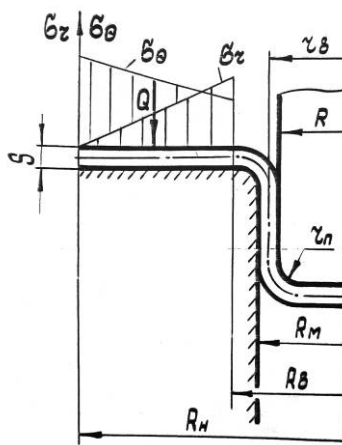


Рисунок 4 – Графіки розподілу напруження σ_r, σ_θ на фланці заготовки, при витягуванні

Аналіз проведений [3,4] показує, що можливе формозмінення заготовки обмежується її руйнуванням в тому місці, де діють найбільші по величині напруження розтягу σ_ρ^{\max} . На їх величину впливають декілька факторів.

$$\text{Сила тертя} \quad \Delta\sigma_1 = \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R_n \cdot S}, \quad (5)$$

де Q – зусилля притискання,

μ – коефіцієнт тертя;

S – товщина заготовки.

При витягуванні метал має згин, що викликає додаткові напруження

$$\Delta\sigma_2 = 0,5 \cdot \sigma_s \cdot \frac{S}{2 \cdot r_m + S}. \quad (6)$$

Криву зміцнення другого роду було запропоновано [4] апроксимувати кривою, яку описує рівняння

$$\sigma_s = \frac{\sigma_b}{1 - \psi_{ш}} \cdot \left(\frac{\psi}{\psi_{ш}} \right)^{\frac{\psi_{ш}}{1 - \psi_{ш}}}, \quad (7)$$

де σ_b – границя міцності;

$\psi_{ш}$ – відносне зменшення площі поперечного перерізу до моменту створення шійки;

ψ – поточне значення відносної деформації другого виду.

При подальшому русі контактної поверхні тертя приводить до збільшення напруження, що звичайно враховують вводячи множник:

$$\exp\left(\mu^2 \frac{\pi}{2}\right) = 1 + 1,6. \quad (8)$$

Таким чином, враховуючи усі фактори які впливають на σ_ρ^{\max} її значення знаходимо за формулою

$$\sigma_{\rho}^{\max} = \sigma_S \cdot \left(\ln \frac{R_H}{r} + \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R_H \cdot S \cdot \sigma_S} + \frac{S}{2 \cdot r_n + S} \right) \cdot (1 + 1,6). \quad (9)$$

Знаючи величину напруження розтягу та враховуючи площу поперечного перерізу заготовки яку виготовляють є можливість знайти максимальне зусилля витягування

$$P_b = 2\pi r_b S \sigma_S \left(\ln \frac{R_H}{2} + \frac{\mu \cdot Q}{\pi R_H S \cdot \sigma_S} + \frac{S}{2r_m + S} \right) \cdot (1 + 1,6). \quad (10)$$

Робота витягування (A_B), яка є однією з найважливішим енергосиловим параметром процесу, визначається різними аналітичними та експериментальними методами [4]. В нашому дослідженні використовувалось інтегрування отриманої залежності (10) по ходу пуансона.

$$A_B = 2\pi r_b S \sigma_S (1 + 1,6\mu) \cdot \left[\frac{R_o}{6} (2k_B^3 - 3k_B^2 + 1) + \frac{\mu Q (k_B - 1)}{\pi S \sigma_S} + \frac{k_o S (k_B^2 - 1)}{4 \cdot r_m + 2S} \right], \quad (11)$$

де R_o – радіус заготовки до виконання операції, коефіцієнт $k_B = \frac{R}{R_H}$.

На основі вищевикладеного були визначені зусилля (P_B) та робота витягування (A_B) для операції витягування корпусу гучномовця. При цьому коефіцієнти тертя (μ) визначали по спеціальній методиці [5] $\mu = 0,085$, та на машині тертя “Stainhape-Seta” [6] при моделюванні нормального окислювального процесу зношування $f = 0,060$ у полімерному середовищі. При цьому зовнішні умови процесу зношування (швидкість ковзання, температура поверхні деталі, питомий тиск, подача технологічного мастила та її величина) були дотримані.

Спочатку визначали найбільші по величині напруження розтягу σ_{ρ}^{\max} для обох випадків:

- коефіцієнти тертя $\mu = 0,085$

$$\sigma_{\rho}^{\max} = 48,86 \left(0,57 + \frac{0,085 \cdot 85}{3,14 \cdot 23 \cdot 1,0 \cdot 48,86} + \frac{1,0}{16 + 1,0} \right) \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,086) = 343 \frac{Mn}{m^2};$$

- коефіцієнти тертя $\mu = 0,060$

$$\sigma_{\rho}^{\max} = 48,86 \left(0,57 + \frac{0,060 \cdot 85}{3,14 \cdot 23 \cdot 1,0 \cdot 48,86} + \frac{1,0}{16 + 1,0} \right) \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,060) = 331 \frac{Mn}{m^2}.$$

Зусилля витягування (P_B):

- по першому варіанту:

$$P_B = \pi d \sigma_{\rho}^{\max} \cdot S = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 35 \cdot 1,0 = 27 \text{ кН};$$

- по другому варіанту:

$$P_B = \pi d \sigma_{\rho}^{\max} \cdot S = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 33,8 \cdot 1,0 = 26 \text{ кН}.$$

Аналогічно знаходимо роботу витягування (A_B) для обох випадків

$$A_B = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 23 \cdot 48,86 \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,085) \cdot \left[3,83 \cdot 2,94 + \frac{0,085 \cdot 85 \cdot 0,8}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 48,86} + \frac{23 \cdot 1,0 \cdot (1,8^2 - 1)}{4 \cdot 8 + 2} \right] = 1094,3 \text{ Дж}$$

- по другому варіанту:

$$A_B = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 23 \cdot 48,86 \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,060) \cdot \left[3,83 \cdot 2,94 + \frac{0,060 \cdot 85 \cdot 0,8}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 48,86} + \frac{23 \cdot 1,0 \cdot (1,8^2 - 1)}{4 \cdot 8 + 2} \right] = 995 \text{ дж}$$

Таким чином, в результаті теоретичних досліджень та аналітичної оцінки енергосилових параметрів витягування встановлено, що особливий вплив на енергосилові параметри витягування здійснює технологічне мастило. Невелика зміна коефіцієнта тертя, приводить до суттєвої зміни основних параметрів процесу (P_B , A_B). Як і при машинному терті, змінюючи технологічне мастило, або склад змащувальної композиції, є можливість до деякої міри керувати процесами, які протікають при цьому.

Список літератури

1. Разработка, изготовление и внедрение полимерсодержащих смазочно-охлаждающих составов для холодной обработки металлов. /Ф.Ф.Матвиенко, В.В.Коваленко, А.И. Клименко и др.: Отчет по НИР № ГР 01880007067. – Кировоград, 1989.-67с.
2. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах.- К.:Техника,1970.-396 с.
3. Теория обработки металлов давлением. Евстратов В.А.-Харьков: Вища школа. Из-во при Харьковском университете,1981.-248 с.
4. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки.-М.:Машиностроение,1977.-278 с.
5. Трение и смазки при обработке металлов давлением. А.П. Грудев, Ю.В.Зильберг, В.Т.Тилик. Справ. изд.-М.:Металлургия,1982.- С.312
6. Применение полимерсодержащих технологических смазок при формоизменяющих операциях холодной листовой штамповки. //Прогрессивная технология и оборудование для обработки твердых магнитных сплавов и др. труднообрабатываемых материалов: Тез. докл. Всесоюзн. бизнес-семинара-Кировоград.-1991.- С.13.

Проведены аналітичні розрахунки енергосилових параметрів процесу витяжки низкоуглеродистих сталей на кривошипних пресах в полімерсодержащих средах

The analytical calculations of energy power parameters of process of extraction of low-carbon staley are conducted on crank-type presses in a polymer containing environments, the found results are experimentally tested